

# ¿Es la saturación venosa de oxígeno un predictor de óptima entrega de oxígeno, en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con el uso de circulación extracorpórea e hipotermia leve a 34°C?

*Is venous oxygen saturation a predictor of optimal oxygen delivery in adult patients undergoing cardiac surgery, with the use of extracorporeal circulation and mild hypothermia at 34°C?*

MARIO ENRIQUE INTRIAGO MURILLO

*CardioCentro Manta. Manta - Ecuador*

## RESUMEN

Específicamente la saturación venosa de Oxígeno durante la circulación extracorpórea nos indica la relación del suministro y consumo de oxígeno del organismo. Los valores normales están comprendidos entre el 70% y el 80%, hasta ahora es un indicador de la adecuada perfusión tisular durante la circulación extracorpórea. Pero aún en situaciones donde la saturación venosa de oxígeno se encuentra en límites normales, este valor podría estar enmascarando una hipoperfusión silente u oculta, por lo que estaríamos frente a un aumento de la concentración de lactato sérico y poca entrega de oxígeno a todos los órganos.

**Objetivo:** Determinar si la saturación venosa de oxígeno es un predictor de óptima entrega de oxígeno en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con el uso de circulación extracorpórea e hipotermia leve a 34°C.

**Método:** El estudio incluyó todos los pacientes adultos que cumplieron con el criterio de inclusión en el periodo de enero a mayo del 2021. La toma de muestras de sangre, para las gasometrías arteriales y venosas se realizaron de forma simultánea: en el momento en que se alcanza la temperatura de 34°C y después de haber logrado parar el corazón, con la solución cardiopléjica, una vez obtenidos estos dos resultados se los comparó y se midió la saturación arterial de oxígeno, saturación venosa de oxígeno, presión de oxígeno, tanto arterial como venosa, estos resultados se procesaron con la aplicación de la Asociación Latinoamericana de Perfusión y además, los resultados se verificaron de forma manual con la fórmula de Fick.

**Resultados:** Los datos se analizaron con el software estadístico IBM SPSS versión 2.5. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para demostrar la normalidad de las variables, la prueba de correlación de Pearson para relacionar las variables y la prueba t de student para valorar la significancia estadística.

**Conclusiones:** La saturación venosa de oxígeno puede considerarse un buen predictor de adecuada entrega de oxígeno en pacientes adultos, siempre y cuando este valor se encuentre alrededor de 80%, y la perfusión se realice a índices cardiacos mayores o iguales a 2,32 l/min/m<sup>2</sup>, en toda la conducción de la circulación extracorpórea a 34°C. Reducir el flujo o índices cardiacos a valores por debajo de 2,32 l/min/m<sup>2</sup> no garantizan una entrega óptima de oxígeno y reduce la saturación venosa de oxígeno, a pesar de la reducción de la temperatura a 34°C. Los pacientes adultos con temperatura de 34°C deberían ser perfundidos con flujos utilizados en normotermia.

**Palabras Clave:** saturación venosa de oxígeno, consumo de oxígeno, perfusión tisular, índice cardiaco.

## SUMMARY

Specifically, venous oxygen saturation during extracorporeal circulation indicates the relationship between the supply and consumption of oxygen in the body. Normal values are between 70% and 80%, until now it is an indicator of adequate tissue perfusion during extracorporeal circulation. But even in situations where venous oxygen saturation is within normal limits, this value could be masking a silently or hidden hypoperfusion, so we would be facing an increase in serum lactate concentration and little oxygen delivery to all organs.

**Objective:** To determine whether venous oxygen saturation is a predictor of optimal oxygen delivery in adult patients undergoing cardiac surgery using extracorporeal circulation and mild hypothermia at 34°C.

**Method:** The study included all adult patients who met the inclusion criteria in the period from January to May 2021. Blood sampling, for arterial and venous blood gases, were taken simultaneously at the time of reaching the temperature at 34°C, and after cardiac arrest with the cardioplegic solution. Once these two results were obtained, they were compared and the arterial oxygen saturation, venous oxygen saturation, both arterial and venous oxygen pressure were measured, these results were processed in the application of the Latin American Perfusion Association and we also verified manually with the Fick equation.

**Results:** The data was analyzed with the statistical software IBM SPSS version 2.5, the Shapiro-Wilk test was used to demonstrate the normal distribution of variables. The Pearson correlation test to relate the variables and the student's t-test to assess statistical significance.

**Conclusions:** Venous oxygen saturation can be considered a good predictor of adequate oxygen delivery in adult patients if this value is around 80%, and perfusion is performed at a cardiac index greater or equal to 2.32 l/min/m<sup>2</sup> in during the entire extracorporeal circulation at 34°C. Reducing flow or cardiac index below 2.32 l/min/m<sup>2</sup> does not guarantee optimal oxygen delivery and reduces venous oxygen saturation despite temperature reduction to 34°C. Adult patients with a temperature of 34°C should be perfused with flows used in normothermia.

**Key Words:** Venous oxygen saturation, oxygen consumption, tissue perfusion, cardiac index.

## INTRODUCCIÓN

El 6 de mayo de 1953, John Gibbon, logró coronar con el éxito el trabajo de toda su vida, al cerrar (por primera vez), una comunicación interauricular a una joven mujer, en la que utilizó una máquina de corazón-pulmón de su invención. Sin embargo, previamente la cirugía exploró otros caminos para operar el corazón, como la hipotermia, la que consistía en bajar la temperatura del paciente introduciéndolo en una tina de agua fría, para luego efectuar la corrección quirúrgica de una malformación del corazón, en el menor tiempo posible.

Un año más tarde Walton Lillehei, introdujo el método de la "circulación cruzada controlada", en la que un paciente, habitualmente un niño, era conectado a un "donante", con frecuencia, el padre o la madre, cuyo corazón y pulmón servían como un oxigenador para así efectuar la cirugía a corazón abierto del paciente.<sup>1</sup> Usualmente los parámetros medidos en circulación extracorpórea son: el uso de sistemas de seguridad, sensores de presiones, sistemas de los gases de la máquina de

la CEC, gases en líneas, gasometrías venosa y arteriales, control de temperatura, uso de vaporizadores y tiempos de coagulación.<sup>2</sup> Las técnicas de hipotermia durante la aplicación de la derivación cardiopulmonar, en diferentes tratamientos de la cirugía cardiovascular, dependen de la complejidad de la anatomía y la fisiopatología de la corrección quirúrgica.

Deben valorarse diversos aspectos como: el tiempo de pinzamiento aórtico con interrupción del flujo coronario y la subsecuente isquemia, el peso, la edad y la estabilidad hemodinámica del paciente.<sup>3</sup> Específicamente la saturación venosa de oxígeno (SvO<sub>2</sub>) durante la circulación extracorpórea nos indica la relación del suministro y consumo de oxígeno del organismo. Los valores normales están comprendidos entre el 70% y el 80%, hasta ahora es considerado un indicador de la adecuada perfusión tisular durante la circulación extracorpórea. Pero aún en situaciones donde la SvO<sub>2</sub> se encuentra en límites normales, este valor podría estar enmascarando una

hipoperfusión silente u oculta, por lo que estaríamos frente a una situación de aumento de la concentración de lactato sérico y de poca entrega de oxígeno a todos los órganos. Esto ocurre, con frecuencia cuando la demanda de oxígeno por parte de los tejidos es superior a la entrega.<sup>4</sup> Por esta razón se sitúa como un marcador tardío de hipoxia tisular o hipoperfusión. El aporte de oxígeno ( $DO_2$ ) es el volumen de oxígeno aportado a los tejidos por unidad de tiempo. Se expresa en ml/min y frecuentemente se corrige por masa corporal en (ml/kg/min) o por el área de superficie corporal (ml/min/m<sup>2</sup>).

Una elevación en los niveles de lactato en sangre se ha asociado tradicionalmente a metabolismo anaeróbico por una insuficiente  $DO_2$  para los requerimientos tisulares. El  $DO_2$  es el producto del gasto cardíaco (GC) y el contenido arterial de oxígeno ( $CaO_2$ ), que se expresa con la siguiente fórmula  $DO_2 = (GC \times CaO_2 \times 10)$ . En condiciones fisiológicas la demanda de oxígeno es igual al consumo y corresponde a 2,4 ml/kg/min, el aporte de oxígeno generalmente es mayor que el consumo ( $VO_2$ ), el cual a su vez se adapta a la demanda tisular. En la práctica clínica la  $SvO_2$  valora la relación  $DO_2/VO_2$ . De acuerdo con la ecuación de Fick el  $VO_2$  tisular es proporcional al gasto cardíaco y de esta manera el  $CvO_2$  representa al contenido venoso total de retorno.<sup>5</sup>

TABLA 1: NIVELES DE TEMPERATURA RELACIONADOS AL ÍNDICE CARDÍACO.

Categoría	Temperatura	I.C
Hipotermia Severa	<14 ° C	0.4L/min/m <sup>2</sup>
Hipotermia Profunda	14.1-20 ° C	1.0L/min/m <sup>2</sup>
Hipotermia Moderada	20.1-28 ° C	1.8L/min/m <sup>2</sup>
Hipotermia Leve	28.1-34 ° C	2.4L/min/m <sup>2</sup>

Por otra parte, el  $VO_2$  de un adulto en reposo usualmente es de 3 a 3,5 ml/kg/min. Durante el ejercicio intenso, el  $VO_2$  puede llegar a 60 a 70 ml/kg/min en atletas sanos.<sup>6</sup> En hipotermia, disminuye el 50% del valor antes mencionado. En hipotermia moderada, de 28°C, disminuye al 60%. La inducción de niveles más profundos de hipotermia, se puede decir, que disminuyen el  $VO_2$  en aproximadamente un 9%, por cada grado centígrado de descenso de la temperatura.<sup>7</sup>

Los procesos metabólicos son dependientes de la temperatura, una disminución de esta en los seres homeotermos conlleva a una disminución de la utilización de energía. El Q10 es el aumento o disminución de la velocidad de los procesos metabólicos en relación con la temperatura para un cambio de 10°C.<sup>8</sup> Los periodos de isquemia son variables según los diferentes órganos. El riñón puede tolerar entre 50-60 minutos, el hígado entre 20-30 minutos y la médula espinal entre 30 y 45 minutos. Sin embargo, la corteza cerebral puede tolerar tan sólo entre 2-4 minutos, los centros pupilares 5-10 minutos y el cerebelo 10-15 minutos.<sup>7</sup>

La reducción de la temperatura a 30°C supone un descenso del 50% del metabolismo y a 23°C el consumo de oxígeno se reduce al 25%. Pero a pesar de estas ventajas teóricas, la hipotermia tiene una serie de consecuencias y efectos en diferentes lugares del organismo. El objetivo final de la perfusión sistémica de todo el cuerpo durante el bypass cardiopulmonar de rutina es satisfacer las necesidades metabólicas del paciente cardíaco anestesiado. Publicaciones anteriores han demostrado que el índice cardíaco debe estar entre 2,8 y 3,0 l/min/m<sup>2</sup> en reposo y que puede aumentar hasta 15 l/min/m<sup>2</sup> durante el ejercicio.<sup>9</sup> Estos valores de referencia se obtuvieron midiendo sangre que fluye en reposo, pero con el paciente no anestesiado.

El flujo sanguíneo sistémico óptimo, en el paciente anestesiado, lo calcula el perfusionista y se basa en cálculos teóricos. La altura y el peso del paciente y se utilizan para obtener el área de superficie corporal, el índice cardíaco más utilizado durante el bypass cardiopulmonar, en pacientes adultos, se encuentra entre 2,2 y 2,4 l/min/m<sup>2</sup>, este valor se cree que se aproxima al índice cardíaco de una persona normal en reposo, en normotermia. La hemodilución tuvo sus inicios poco después del descubrimiento de los grupos sanguíneos. Pánico y Neptune describieron la técnica de hemodilución en cirugía cardíaca hacia el año 1959, la hemodilución intencionada por la CEC.<sup>10</sup>

La hemodilución juega un papel muy importante en la circulación extracorpórea y esta tiene tres aspectos: el primero reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, el segundo reduce la viscosidad de la sangre y el tercero incrementa el gasto cardíaco como efecto compensatorio por la caída del hematocrito. Como el valor de hematocrito es

el parámetro que refleja mejor la relación existente entre el plasma y los glóbulos, se prefiere para determinar el grado de hemodilución. Los grados de hemodilución se pueden dividir en: Ligera de 25-30%, Moderada 20-25%, Extrema menos de 20%.<sup>11</sup> La dilución de la sangre hasta un valor del hematocrito de 20-25% se denomina hemodilución moderada, y cuando el hematocrito disminuye a valores alrededor de 10% se refiere como dilución extrema expresada en otra literatura.<sup>12</sup>

La terapia dirigida por objetivos (GDT), se ha adaptado al campo de la perfusión, y muchos de los parámetros fisiológicos en estudios previos de GDT, son similares a los monitorizados por perfusionistas durante la circulación extracorpórea. Esta nueva aplicación ha sido designada como “perfusión dirigida por objetivos” (GDP), de sus siglas en inglés, y fue descrita por primera vez por Philip de Somer, quien lideró un ensayo multicéntrico basado en el hallazgo de Ranucci.

En la GDP, tomamos los términos convencionales de perfusión óptima y agregamos conceptos de respiración celular: el aporte de oxígeno ( $DO_2$ ), el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) y la tasa de extracción de  $O_2$  ( $ER O_2$  o  $VO_2 / DO_2$ ) con el objetivo de alcanzar una perfusión más fisiológica.<sup>13</sup> Los niveles de  $DO_2$  por encima del valor crítico  $>272$  ml/min/m<sup>2</sup>, minimizar la hemodilución y mantener valores de hematocrito  $>26\%$  disminuyen la lesión renal aguda. Un  $VCO_2 >60$  ml/min/m<sup>2</sup> y una relación  $DO_2 / VCO_2 <5$  son predictores de hiperlactatemia. La  $SvO_2$  y el  $ER O_2$  son los mejores predictores de transfusión durante la circulación extracorpórea e incluso más importantes que el valor de la hemoglobina.<sup>14</sup>

La  $SvO_2$  se ha utilizado, en los últimos años, como marcador de perfusión óptima, y se aceptan como adecuados, los valores  $\geq 75\%$  por la comunidad de cirujanos, perfusionistas y anestesiólogos, incluyendo los protocolos de nuestra institución. Aunque, existe otro tipo de literatura donde consideran valores normales de  $SvO_2$  por debajo del valor de referencia antes mencionado y pese a esto, siguen catalogados como normales.<sup>15,16</sup>

Vale recalcar que ciertos estudios mencionan valores de  $SvO_2$  por debajo del 75% como normal, esto podría enmascarar una hipoperfusión silente u oculta pudiendo generar hiperlactatemia y fallo renal.<sup>17</sup>

Tradicionalmente los cálculos usados para determinar los flujos de perfusión, previos al inicio del bypass cardiopulmonar, se realizan con el uso del peso y la talla del paciente que va a ser intervenido, mediante la fórmula de Mosteller, que subestima la superficie corporal en pacientes adultos.<sup>18</sup> El bajo gasto y la hipoperfusión son causas de disfunción ventricular, alteraciones del estado circulatorio a nivel periférico y de la extracción de oxígeno. A nivel de perfusión tisular ocurre algo similar, la  $SvO_2$ , el lactato en sangre y el gradiente veno-arterial de  $CO_2$  ( $V-A CO_2$ ) han sido postulados como marcadores de perfusión tisular en pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

Un correcto y precoz diagnóstico de cada una de estas alteraciones permite un tratamiento eficaz y oportuno.<sup>19</sup> El manejo del metabolismo juega un papel fundamental durante la CEC. Existen diferentes dispositivos, integrados a las máquinas de corazón-pulmón para la monitorización metabólica. Los objetivos metabólicos comúnmente más utilizados y aceptados son: la entrega de oxígeno indexada ( $DO_{2i}$ ) que debe ser mayor a 280 ml/min/m<sup>2</sup> y el índice cardíaco (IC) 2,4 l/min/m<sup>2</sup>, estos pueden manejarse de forma independiente o en conjunto con otros parámetros metabólicos.<sup>20</sup>

La  $SvO_2$  puede descender hasta un 30-50% antes de que se agote la extracción de oxígeno tisular y se produzca el inicio del metabolismo anaeróbico. La oximetría venosa es un parámetro usado para la terapia temprana dirigida por objetivos y es útil en condiciones críticas como, en el período de sepsis. Monitorizar los cambios en la  $SvO_2$  permite actuar de manera rápida y oportuna y hacer intervenciones para mejorar la situación del paciente crítico.<sup>21</sup> Existen estudios donde se valora el efecto del aumento del transporte de oxígeno, hasta conseguir una  $SvO_2 \geq 70\%$ , sobre la morbimortalidad de enfermos sometidos a cirugía cardíaca con el uso de CEC.<sup>22</sup>

## MÉTODO

El estudio incluyó todos los pacientes adultos que cumplieron con el criterio de inclusión en el Centro de Diagnóstico de Medicina Avanzada y Telemedicina (CEDIMAT) en el período de enero a mayo del 2021, en Santo Domingo, República Dominicana. Este fue aprobado por el Comité de Ética de la institución. Los datos para este estudio se obtuvieron a partir de una base de datos consolidada, a través del registro de perfusión con sus diferentes variables: La edad, el sexo, he-

matocrito, el índice de masa corporal (IMC), los diabéticos, el flujo de la bomba de circulación extracorpórea, los índices cardíacos, las gasometrías arteriales y venosas, el  $DO_2$  y  $VO_2$ , y como parámetro hemodinámico se registró la presión arterial media (PAM).

Según el protocolo del Departamento de Perfusión de Adultos en CEDIMAT se escoge el modelo y marca del oxigenador de acuerdo con el flujo requerido por el paciente. Entre ellos: Livanova-Sorin Inspire 6F y 8F, Euroset Horizon y Terumo RX 15 y FX 25. Generalmente se utilizan líneas arteriovenosas de calibre 3/8 y 1/2 respectivamente y el uso de hemoconcentrador. La toma de muestras de sangre, para las gasometrías arteriales y venosas se realizaron de forma simultánea al momento en que se alcanzó la temperatura de 34°C, que es alrededor de 20 minutos después de iniciar la circulación extracorpórea y después de haber logrado parar el corazón, con el uso de la solución cardiopléjica Del Nido.

Una vez obtenidos estos dos resultados se los comparó y se midió la saturación arterial y venosa de oxígeno y la presión de oxígeno tanto arterial como venosa. Estos resultados se los ingreso en la aplicación de Asociación Latinoamericana de Perfusión (ALAP) y además los verificamos de forma manual con la fórmula de Fick. Mediante estos dos métodos se obtuvo el valor del aporte y consumo de oxígeno en el paciente. Estos datos se registraron en una plantilla de Excel para la recolección de datos del estudio.

## RESULTADOS

TABLA 2. CORRELACIÓN ENTRE LA SVO2 Y EL DO2 ENTRE EL GRUPO 1 Y 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación SvO <sub>2</sub> / DO <sub>2</sub>	-0,12	0,615
Valor p	0,567	0,567

En la Tabla 2 podemos observar las diferencias de correlación entre la SvO<sub>2</sub> y el DO<sub>2</sub> en ambos grupos estudiados; el Grupo 1, guarda una correlación débil negativa y de significancia no estadística entre la SvO<sub>2</sub> y el DO<sub>2</sub> a diferencia de los pacientes del Grupo 2, los cuales muestran una correlación positiva moderada, que es estadísticamente significativa.

TABLA 3. CORRELACIÓN ENTRE LA SVO2 Y EL FLUJO, GRUPOS 1 Y 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación SvO <sub>2</sub> / Flujo	0.271	0.560
Valor p	0.190	0.004

En la Tabla 4 se observan diferencias en la correlación entre la SvO<sub>2</sub> y la edad en ambos grupos estudiados. El Grupo 1, guarda una correlación débil negativa entre la SvO<sub>2</sub> y la edad, a diferencia de los pacientes del Grupo 2, los cuales muestran una correlación débil positiva siendo estas estadísticamente no significativas en ambos grupos del estudio.

TABLA 4. CORRELACIÓN ENTRE LA SVO2 Y LA EDAD, GRUPOS 1 Y 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación SvO <sub>2</sub> / Edad	-0.085	0.269
Valor p	.686	0.193

En la Tabla 5 se observan diferencias de la correlación entre la presión arterial media (PAM) y la SvO<sub>2</sub> entre ambos grupos estudiados. El Grupo 1 guarda una correlación negativa moderada entre la SvO<sub>2</sub> y la PAM a diferencia de los pacientes del Grupo 2, los cuales muestran una correlación débil positiva, que resultó ser estadísticamente no significativa en ambos grupos del estudio.

TABLA 5. CORRELACIÓN ENTRE LA SVO2 Y LA PRESIÓN ARTERIAL MEDIA, GRUPOS 1 Y 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación PAM / SvO <sub>2</sub>	-0.515	0.146
Valor p	0.487	0.008

Podemos observar, en la Tabla 6 que existe una correlación positiva perfecta entre los valores de SvO<sub>2</sub>, medidos en el gasómetro Irma (Trupoint Lifehealth Estados Unidos) mediante una muestra de sangre obtenida de la línea venosa del circuito extracorpóreo, y aquellos obtenidos a través del dispositivo de medición de gases en línea venosa B-Care5. Esta correlación fue estadísticamente significativa.

## CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE LA SvO<sub>2</sub> OBTENIDA POR LA GASOMETRÍA Y EL SISTEMA B-CARE 5, GRUPOS 1 Y 2.

	Grupo 1 y 2
Correlación SvO <sub>2</sub> / B-CARE5	1.00
Valor p	0.000

### DISCUSIÓN

Es importante recalcar que la SvO<sub>2</sub> se ha convertido últimamente en un olvidado medidor de oxigenación tisular. Encontramos en las citas bibliográficas de la introducción de este estudio valores de SvO<sub>2</sub>, consideradas como normales a aquellos que se encuentran, entre el 65% y 75%.<sup>22</sup> Pero según los resultados del presente estudio estos valores “normales”, pudieran estar enmascarando una entrega de oxígeno a los tejidos poco óptima. De acuerdo con los estándares de la perfusión guiada por objetivos sobre la adecuada DO<sub>2</sub>, refieren que esta debe ser superior al valor crítico de 272 ml/min/m<sup>2</sup>. En el presente estudio quisimos relacionar la SvO<sub>2</sub> con la DO<sub>2</sub>.

Comparando los grupos estudiados: El Grupo 1 no guarda una correlación entre los parámetros SvO<sub>2</sub> y DO<sub>2</sub>, el promedio de SvO<sub>2</sub> fue de 77,07% para este grupo. A diferencia, el Grupo 2 si tuvo una correlación entre la SvO<sub>2</sub> y el DO<sub>2</sub>. El promedio de SvO<sub>2</sub>, para este grupo, fue de 80,57% porcentaje más alto que para el grupo anterior. Partiendo del punto de esta correlación fue necesario una saturación venosa de oxígeno aproximadamente de 5% por encima de los valores reportados como normales (75%). El aumento de la SvO<sub>2</sub> en el Grupo 2, a diferencia de los del grupo 1, pudo deberse a que los pacientes del grupo 2 fueron manejados con el 97% de flujo de bomba. Es decir, fueron perfundidos a un índice cardiaco promedio de 2,32 l/min/m<sup>2</sup> vs 1,9 l/min/m<sup>2</sup>, lo que corresponde a una reducción del 18% de flujo de bomba en el grupo 1, en comparación con los del grupo 2.

Este resultado puede sugerir que valores más altos de SvO<sub>2</sub> deben ser manejados en circulación extracorpórea, ya que estos están asociados a una óptima entrega de oxígeno, pero para lograr esto se debe mantener un flujo de bomba e índice cardiaco igual o mayor a 2,32 l/min/m<sup>2</sup> y una temperatura de 34°C. Cabe recalcar que el hematocrito utilizado en este estudio para

el grupo 1 y grupo 2 de alrededor del 29%, sin que existieran diferencias estadísticas entre ellos. Esto quiere decir que no se recomienda, según estos hallazgos, disminuir el flujo de CEC hasta un índice cardiaco de 1,9 l/min/m<sup>2</sup> a 34°C, como se evidencio en el Grupo 1 de este estudio, aunque la saturación venosa esté por encima de 75%, ya que podría comprometerse la adecuada entrega de oxígeno.

En relación con el flujo de la maquina corazón pulmón y la SvO<sub>2</sub>, este tuvo un papel importante para mantener los valores de SvO<sub>2</sub> dentro de los recomendados en este estudio (80%). Si sabemos que el índice cardiaco en circulación extracorpórea debería ser de 2,4 l/min/m<sup>2</sup>, siendo este el flujo de bomba 100% en pacientes adultos.<sup>26</sup> Pudimos determinar que para un flujo de 2,32 l/min/m<sup>2</sup> a 34°C con 80% de SvO<sub>2</sub>, la entrega de oxígeno es óptima a 34°C.

### CONCLUSIONES

En esta investigación se describió el comportamiento de la SvO<sub>2</sub> en relación con la óptima entrega de oxígeno, en pacientes adultos que fueron intervenidos de cirugía cardiaca conectados a la máquina de circulación extracorpórea. Como resultados finales y principales de este estudio podemos encontrar que:

La saturación venosa de oxígeno puede considerarse un buen predictor de adecuada entrega de oxígeno en pacientes adultos, siempre y cuando este valor se encuentre alrededor de 80% y la perfusión se realizase a índices cardiacos mayores o iguales a 2,32 l/min/m<sup>2</sup>, en toda la conducción de la CEC a una temperatura de 34°C.

Reducir el flujo o los índices cardiacos a valores por debajo de 2,32 l/min/m<sup>2</sup> no garantizan una entrega óptima de O<sub>2</sub> y reduce la SvO<sub>2</sub>, a pesar de la reducción de la temperatura a 34°C.

Los pacientes adultos con temperatura de 34°C deberían ser perfundidos con los mismos flujos utilizados en normotermia.

Las variaciones en cuanto a la edad y la presión arterial media no están relacionadas a los valores de la SvO<sub>2</sub>, ni tampoco a la entrega de O<sub>2</sub>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Zalaquett Sepúlveda R. Cincuenta años de circulación extracorpórea. La historia de la máquina corazón-pulmón. ARS MEDICA Rev Ciencias Médicas. 2016 Aug 7;34(1):85.
- 2) Asociación Española de perfusionistas. Manual de calidad en perfusión. Madrid, España. [Internet] 2014. 10-15. Disponible en: [https://www.aep.es/comisiondocumentos/7/Manual\\_de\\_calidad.pdf](https://www.aep.es/comisiondocumentos/7/Manual_de_calidad.pdf)
- 3) Llanes Echevarría JR. Técnicas de hipotermia aplicadas en la cirugía cardiovascular con circulación extracorpórea. Rev. Cuba Cardiol y Cirugía Cardiovasc [Internet]. 2016 Jul 30 [consultado 2021 Mar 7];22(2):102-7. Disponible en: [http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/642/html\\_43](http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/642/html_43) <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/642>
- 4) García Camacho C, Arteaga Santiago EJ, Sainz Otero A, Guillén Romero G, Pérez López A, Abellán Hervás MJ. Control de la hipoperfusión tisular durante la Circulación Extracorpórea. Revista Española de Perfusion. [Internet]. 2016 [cited 2021 Mar 7];(60):5-7. Disponible en: [https://www.aep.es/revista-articulo/37/60\\_2.pdf](https://www.aep.es/revista-articulo/37/60_2.pdf) [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2091799](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2091799)
- 5) Carrillo-Esper R, Núñez-Bacarreza JJ, Carrillo-Córdova JR. Saturación venosa central. Conceptos actuales. Revista Mexicana de Anestesiología [Internet]. 2007 [cited 2021 Mar 7]; 30(3):165-71. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2007/cma073g.pdf>
- 6) Departamento de Ciencias Fisiológicas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. [Internet]. 2021. [cited 2021 Aug 1]. Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/Facultades/Medicina/fisiologia/nguias/vo2do2all.htm>
- 7) Marcano LE, Romero A, Serrano G, Sánchez N. Cirugía cardiovascular en normotermia durante la circulación extracorpórea. Medisur. [internet] 2012 [cited 2021 Aug 1];10(1):47-54. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisur/msu-2012/msu121h.pdf>
- 8) Usroasterie.com [Internet]. Cómo encontrar un coeficiente de temperatura de Q10. [cited 2021 Aug 1]. Disponible en: <https://www.usroasterie.com/como-encontrar-un-coeficiente-de-temperatura-de-q10.html>
- 9) De Sommer F. ¿Qué es el flujo óptimo y cómo validarlo? JECT [Internet]. 2007 [consultado 2021 Oct 2];39(4):278-80. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4680698/>
- 10) Rojas JRA, Ortiz REM, Medina BR. Hemodilución Normovolémica aguda en pacientes sometidos a revascularización coronaria. Rev Mex Anest [Internet]. 2003 [cited 2021 Aug 1];26(1):13-6. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=16820&id2=>
- 11) Suárez C; Toledo F; Mora X; Hernández C. Hemodilución normovolémica inducida: mito y realidad. MEDISAN. 2007;11(3):
- 12) Agüero R. Hemodilución en medicina y cirugía. Mexico: Manual Moderno;2001. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-hemodilucion-en-medicina-y-cirurgia/9789687812489/959319>
- 13) Ranucci M, Romitti F, Isgrò G, Cotza M, Brozzi S, Boncilli A, et al. Oxygen delivery during cardiopulmonary bypass and acute renal failure after coronary operations. Ann Thorac Surg [Internet]. 2005 Dec [consultado 2021 Aug 1];80(6):2213-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16305874/>
- 14) Santos JC, Jaime JM, González JM. Perfusión dirigida a objetivos. Revista Española de Perfusion [Internet]. 2019 [Consultado 2021 Jun 6];(66) Disponible en: <https://www.aep.es/revista/77/Rev%20Esp%20Perfusion%2066.pdf>
- 15) Rivers EP, Ander DS, Powell D. Central venous oxygen saturation monitoring in the critically ill patient. Curr Opin Crit Care. 2001;7(3):204-11.
- 16) Portela JM. Aplicaciones clínicas de la saturación venosa mixta y central. Rev Mex Anest. 2007;30(Supl 1):S355-56.
- 17) Ranucci M, Johnson I, Wilcox T, Baker RA, Boer C, Baumann A, et al. Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. J Thorac Cardiovasc Surg [Internet]. 2018 Nov 1 [Consultado: 2021 Aug 18];156(5):1918-1927.e2. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29778331/>
- 18) Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. N Engl J Med [Internet]. 1987 Oct 22 [Consultado 2021 Nov 7];317(17):1098-1098. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3657876/>
- 19) Chetana Shanmukhappa S, Lokeshwaran S. Venous Oxygen Saturation. [Actualizado 2020 Nov 1]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564395/>
- 20) Condello I, Santarpino G, Nasso G, Moscarelli M, Fiore F, Speziale G. Associations between oxygen delivery and cardiac index with hyperlactatemia during cardiopulmonary bypass. JTCVS Tech [Internet]. 2020 Jun [Consultado 2021 Oct 8];2:92-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34317766/>
- 21) Gómez Duque A, Fernández G, Gutiérrez AA, Montenegro G, Daza LC, Fernández C, et al. Cálculo de los contenidos arterial y venoso de oxígeno, de la diferencia arteriovenosa de oxígeno, tasa de extracción tisular de oxígeno y shunt intrapulmonar con unas nuevas fórmulas, basadas en la saturación de oxígeno. Rev Fac Med. 2000;48(2):67-76.
- 22) Gattinoni L, Brazzi L, Pelosi P, Latini R, Tognoni G, Pesenti A, et al. A Trial of Goal-Oriented Hemodynamic Therapy in Critically Ill Patients. N Engl J Med. 1995 Oct 19;333(16):1025-32.